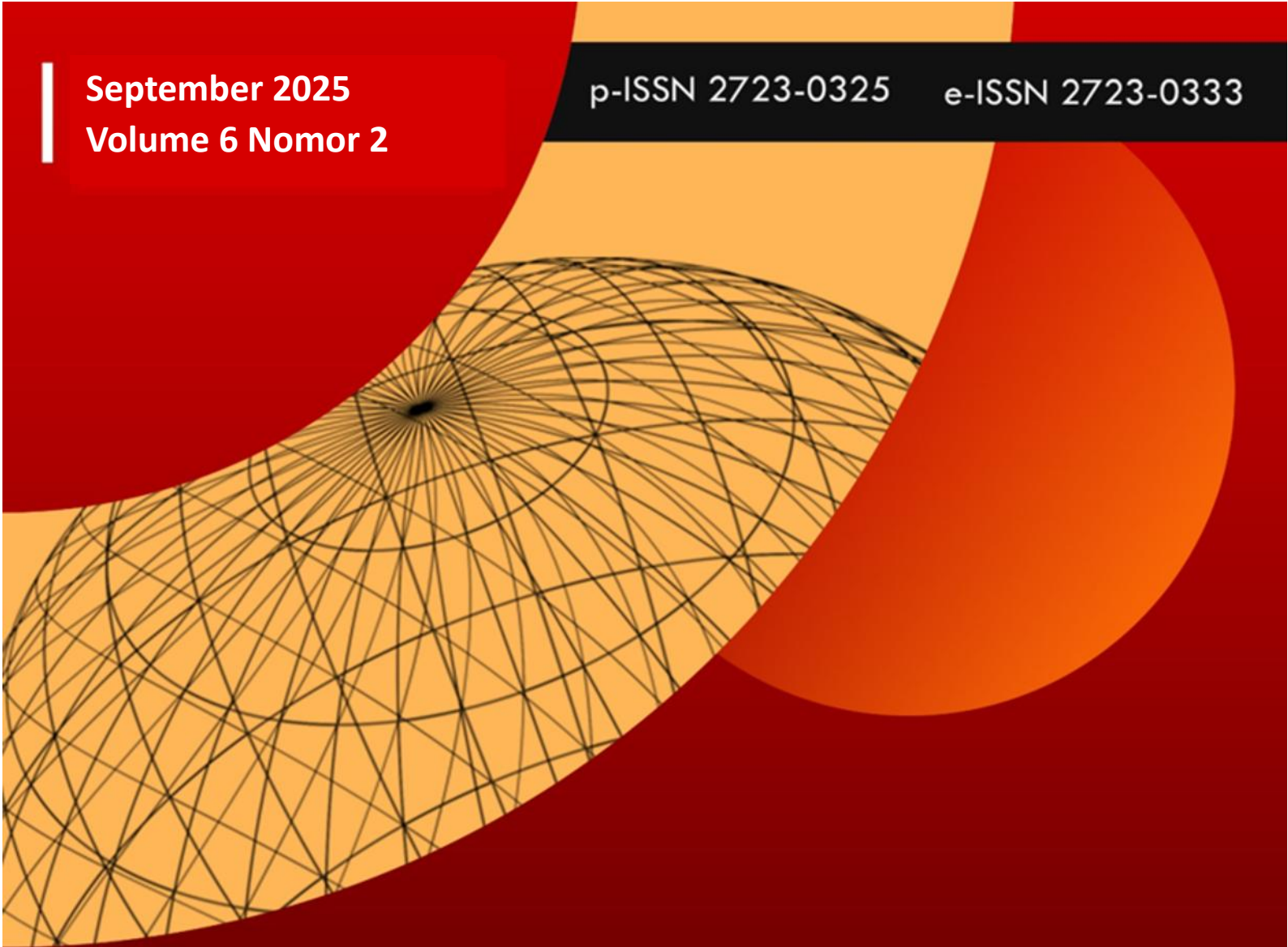


September 2025
Volume 6 Nomor 2

p-ISSN 2723-0325

e-ISSN 2723-0333



TENSOR

Pure and Applied Mathematics Journal

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

JURUSAN MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PATTIMURA



is an international academic open-access journal that gains a foothold in mathematics, and its applications are issued twice a year. The focus is to publish original research and review articles on all aspects of pure and applied Mathematics. Editorial board members of the Journal and reviewers will review submitted papers. All submitted articles should report original, previously unpublished research results, experimental or theoretical, and will be peer-reviewed. Articles submitted to the journal should meet these criteria and must not be under consideration for publication elsewhere. Manuscripts should follow the journal template and are subject to both review and editing.

Published by:

**Department of Mathematics,
Faculty of Science and Technology,
Pattimura University.
Ambon
2025**

Copyright© Program Studi Matematika FST UNPATTI 2025



Volume 6 Number 2 | September 2025

Person In Charge

Head of Undergraduate Program in Mathematics,
Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Pattimura University

Editor in Chief

Dr. H. Batkunde, S.Si, M.Si

Editors

M. I. Tilukay, S.Si, M.Si (Managing and Section Editor)
L. Bakarbessy, S.Si, M.Si (Managing and Section Editor)
Z. A. Leleury, S.Si., M.Si (Copy and Production Editor)
B. P. Tomasouw, S.Si, M.Si (Copy and Production Editor)
Dr. L. K. Beay, S.Pd., M.Si (Proofreader)
N. Dahoklory (Proofreader)

Secretariat and Financial Officer

M. E. Rijoly, S.Si, M.Sc

Graphic Design

V. Y. I. Ilwaru, S.Si, M.Si

Expert Editorial Boards

Prof. Dr. Basuki Widodo, M.Sc (Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Indonesia)
Prof. Dr. M. Salman A. N, M.Si (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)
Dr. H. J. Wattimanela, S.Si., M.Si (Universitas Pattimura, Indonesia)
Dr. Al Azhary Masta, S.Si., M.Si (Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia)
Dr. Muh. Nur, S.Si., M.Si (Universitas Hasanudin, Indonesia)
Dr. Meta Kallista, S.Si., M.Si (Universitas Telkom, Indonesia)
Dr. Teguh Herlambang, S.Si., M.Si (Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, Indonesia)
Asst. Prof. Dr. Anurak Thanyacharoen (Muban Chombueng Rajabhat University, Ratchaburi, Thailand)

Publisher

Department of Mathematics,
Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Pattimura University, Ambon, Indonesia

Editorial Address

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura
Jln. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka - Ambon 97233, Provinsi Maluku, Indonesia
Contact: +62 82397854220
Email : tensormathematics@gmail.com

Clustering of Regencies/Cities in Maluku Province Based on Tuberculosis Cases Using the K-Medoids Algorithm	Meyriska Wattimena Marlon S. Noya Van Delsen Rosalina Salhuteru	67-74
Pemodelan Sistem Antrian Pelayanan Bpjs (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial) Menggunakan Petri Net dan Aljabar Max-Plus	Yohana L. Simbolon Francis Y. Rumlawang Novita Dahoklory Henry W. M. Patty Pranaya D. M. Taihuttu Abraham Z. Wattimena	75-86
Reduksi Noise Pada Citra Digital Menggunakan Metode Arithmetic Mean Filter	Rayhan Khalid Ciptoadi Sintia Sara Sersian Rifaldi Allu Abraham Z. Wattimena Meilin Imelda Tilukay	87-94
Model Predator – Prey dengan Fungsi Respon Holling Tipe II dengan Adanya Infeksi Pada Prey dan Pemanenan Pada Predator	Hilda Amelia Dorteus. L. Rahakbauw Z. A. Leleury	95-110
Forecasting Inflation Rate in Ternate City Using ARIMA Method and ARIMAX Calendar Variation	Riski Noviyanti Ilu Ronald John Djami Novita Serly Laamena	111-120
Aplikasi Metode Adams Bashforth Moulton Dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk di Kota Ambon	Fikram Radjab Francis Yunito Rumlawang	121-130

Aplikasi Metode Adams Bashforth Moulton Dalam Memprediksi Pertumbuhan Penduduk Di Kota Ambon

Fikram Radjab¹, Francis Yunito Rumlawang¹

¹Alumni Jurusan Matematika FST Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon, Indonesia.

*Email: Fikramradjab2@gmail.com

Manuscript submitted : June 2025;

Accepted for publication : August 2025.

doi: <https://doi.org/10.30598/tensorvol6iss2pp121-130>

Abstract: The increasing population in Ambon City can cause various problems both social and environmental problems such as lack of residential land, clean water needs, transportation problems to health. This study is to examine the increasing population of Ambon City, this study will also predict the population in Ambon City in the following year using historical data using the fourth-order Adams Bashforth Moulton method approach from Verhulst modeling. This research produces accurate forecasting with a very small relative error value, with an area of 377km² and a predicted population of 372,725 in 2030. The Adams Bashforth Moulton method as a Verhulst model is very effective for decision making in predicting population growth in Ambon City.

Keywords: Verhulst model, Runge-Kutta method, Adams Bashforth Moulton method.

1. Pendahuluan

Kota Ambon merupakan Ibu Kota Provinsi Maluku yang semakin berkembang, dikarenakan pertumbuhan penduduk di Kota Ambon semakin meningkat dengan mobilitas masyarakat yang juga meningkat dalam aktivitas sehari-harinya. Pertumbuhan penduduk di Kota Ambon berimplikasi langsung terhadap peningkatan kebutuhan akan hunian, air bersih, energi, pendidikan, kesehatan, dan transportasi. Hal ini memberikan tekanan besar terhadap daya dukung dan daya tampung lingkungan.

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat menjadi faktor meningkatnya luasan lahan terbangun di Kota Ambon. Perkembangan tutupan lahan terbangun paling banyak mengarah ke timur dan selatan [1]. Dilansir dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Ambon, berdasarkan hasil survey tata guna tanah tahun 1980 luas daratan Kota Ambon tercatat 377 km² dengan nilai kepadatan penduduk mencapai 994 jiwa/km². Hal tersebut dapat dikurangi dengan mempersiapkan sarana yang cukup, seperti diketahui bahwa semua rencana pembangunan dibuat berdasarkan data jumlah penduduk yang dapat diproyeksikan melalui pemodelan secara matematis.

Permasalahan pertumbuhan penduduk dapat diprediksi dengan memodelkannya secara matematika salah satu teknik pemodelan yaitu dengan menggunakan persamaan diferensial. Persamaan diferensial adalah cabang matematika yang menyatakan hubungan yang kompleks antara satu variabel terikat dengan satu atau beberapa variabel bebas lainnya [2]. Persamaan diferensial dibagi menjadi dua yaitu persamaan diferensial biasa dan persamaan diferensial parsial jika ditinjau dari jumlah variabel bebasnya sedangkan, berdasarkan sifat kelinierannya persamaan diferensial terbagi menjadi dua yaitu persamaan diferensial linier dan non linier salah satu contoh persamaan diferensial biasa non linier adalah model logistik menurut Verhulst [3].

Model yang sering digunakan untuk memprediksi pertumbuhan penduduk adalah model logistic atau biasa dikenal dengan model *Verhulst*. Persamaan diferensial nonlinier sebagian besar tidak dapat diselesaikan secara analitik. Persamaan diferensial yang tidak dapat diselesaikan secara analitik dapat diselesaikan secara numerik. Semakin tinggi orde yang muncul pada persamaan diferensial maka akan semakin sulit ditemukan solusinya secara analitik, sehingga penyelesaian dengan menggunakan metode numerik merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh solusi pendekatannya [4].

Untuk menentukan solusi persamaan diferensial dengan menggunakan metode numerik dapat menggunakan dua metode yaitu metode satu Langkah (*one step*) dan metode banyak Langkah (*multi step*). Sebuah nilai awal dibutuhkan untuk memperoleh solusi menggunakan metode one-step, sedangkan metode multi-step membutuhkan beberapa solusi awal yang dapat diperoleh dari metode one-step [5]. Metode one-step yang seringkali digunakan dalam menyelesaikan persamaan diferensial yang mencakup beberapa metode seperti Metode Euler, Metode Heun, dan Metode Runge-Kutta. Metode multi-step atau metode prediktor-korektor. Metode yang termasuk metode multi-step adalah Metode Hamming, Metode Milne-Simpson, dan Metode Adams-BashforthMoulton.

Penerapan pemodelan matematika pada penelitian ini adalah pemodelan pada pertumbuhan populasi. Dalam hal ini akan menggunakan pemodelan pertumbuhan populasi lebih tepatnya model Verhulst yang bertujuan untuk mengetahui jumlah penduduk dan pertambahan penduduk setiap tahunnya pada masa yang akan datang dengan menggunakan data-data dari tahun sebelumnya.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk memprediksi jumlah penduduk Kota Ambon pada masa yang akan datang dengan menggunakan data-data dari tahun sebelumnya yaitu tahun 2010-2024. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibahas mengenai solusi numerik model *Verhulst* yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat, untuk mencari nilai-nilai awal yang dibutuhkan pada metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat dapat diperoleh dari yaitu metode Runge-Kutta orde delapan.

1.1. Model Verhulst

Model ini pertama kali diperkenalkan oleh matematikawan dan juga seorang ahli biologi berkebangsaan Belanda, yaitu Pierre Verhulst pada Tahun 1838. Verhulst mengembangkan model pertumbuhan eksponensial menjadi model pertumbuhan logistik karena didasarkan pada kenyataan bahwa pertumbuhan populasi bergantung pada kapasitas batas lingkungan. Model pertumbuhan logistik merupakan salah satu model yang digunakan untuk mengetahui perubahan jumlah populasi yang diturunkan terhadap waktu. Pada masa tertentu jumlah populasi akan mendekati titik kesetimbangan, yakni jumlah kelahiran dan kematian dianggap sama. Bentuk yang paling sederhana untuk laju pertumbuhan relatif yang menjelaskan asumsi ini adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = r \left(1 - \frac{P}{K} \right)$$

apabila pada persamaan diatas dikalikan P bentuk model pertumbuhan populasi persamaan diferensial logistik adalah sebagai berikut [6].

$$\frac{dP}{dt} = rP \left(1 - \frac{P}{K} \right)$$

Solusi model Verhulst dapat diperoleh melalui :

$\frac{dP}{P(1-\frac{P}{K})} = rdt$ sehingga diperoleh :

$$P = \frac{Ke^{rt+c}}{1 + e^{rt+c}},$$

hasil akhir diperoleh nilai awal $t = 0$ dan $P(0) = P_0$ kemudian disubstitusikan dan memperoleh nilai $c = \ln\left(\frac{P_0}{K-P_0}\right)$, dan substitusikan Kembali nilai c sehingga diperoleh solusi analitiknya yaitu :

$$P_n = \frac{L}{1 + \left(\frac{K-P_0}{P_0}\right) \cdot e^{-rt}}$$

dengan :

$\frac{dP}{dt}$: Fungsi Pertumbuhan

r : Laju Pertumbuhan

P_n : populasi pada saat waktu n , dimana $n = 1,2,3$

K : Kapasitas Tampung

1.2. Runge-Kutta Orde 8

Metode Runge Kutta adalah metode yang tidak memerlukan turunan dari fungsi dan berusaha mendapatkan derajat ketelitian yang lebih tinggi. Karena penyelesaian persamaan diferensial biasa menggunakan deret Taylor memerlukan perhitungan turunan $f(x, y)$ maka tidak semua fungsi mudah dihitung turunannya. Semakin tinggi orde metode deret Taylor, semakin tinggi turunan fungsi yang harus dihitung. Karena permasalahan ini metode Runge-Kutta dijadikan alternatif lain dari metode deret Taylor [7].

Diketahui bahwa Runge-Kutta orde delapan memiliki nilai k yang dimulai dari $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8$ dengan menggunakan definisi dari Runge-Kutta secara umum yaitu

$$y_{n+1} = y_n + h \sum_{i=1}^m b_i k_i$$

dimana,

$$k_i = f \left(x_n + c_i h, y_n + h \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij} k_j \right), i = 1, 2, \dots, m,$$

dengan asumsi bahwa,

$$c_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}, \text{ dan } \sum_{i=1}^m b_i = 1$$

Sehingga diperoleh formula untuk metode Runge-kutta orde delapan [8].

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{120960} (5257k_1 + 25039k_2 + 9261k_3 + 20923k_4 + 20923k_5 + 9261k_6 + 25039k_7 + 5257k_8)$$

dengan,

$$k_1 = f(x_n, y_n)$$

$$k_2 = f\left(x_n + \frac{h}{7}, y_n + \frac{1}{7}hk_1\right)$$

$$k_3 = f\left(x_n + \frac{2}{7}h, y_n + \frac{h}{1323}(7538k_1 - 7160k_2)\right)$$

$$k_4 = f\left(x_n + \frac{3}{7}h, y_n + \frac{h}{5978}(549k_1 + 4882k_2 - 2860k_3)\right)$$

$$k_5 = f\left(x_n + \frac{4}{7}h, y_n + \frac{h}{427}(-693k_1 + 682k_2 - 211k_3 + 466k_4)\right)$$

$$k_6 = f\left(x_n + \frac{5}{7}h, y_n + \frac{h}{378}(-79k_1 + 322k_2 + 224k_3 + 126k_4 - 323k_5)\right)$$

$$k_7 = f\left(x_n + \frac{6}{7}h, y_n + \frac{h}{3577}(-2537k_1 + 2568k_2 + 1021k_3 + 511k_4 + 511k_5 + 922k_6)\right)$$

$$k_8 = f\left(x_n + h, y_n + \frac{h}{1502}(-61k_1 + 102k_2 + 428k_3 - 112k_4 + 126k_5 + 242k_6 + 777k_7)\right)$$

1.3. Metode Adams Bashforth Moulton

Metode Adams Bashforth Moulton adalah proses mencari nilai fungsi $y(x)$ pada titik x tertentu dari persamaan differensial biasa orde satu $y' = f(x, y)$ dan nilai awal $y(x_0) = y_0$ melalui persamaan prediktor dan korektor yang telah ditentukan. Metode ini merupakan salah satu dari metode Banyak Langkah (Multistep method) yang digunakan untuk menyelesaikan masalah nilai batas pada persamaan diferensial biasa dengan cukup akurat. Dengan tujuan menggunakan informasi dari beberapa titik sebelumnya yang diperoleh melalui metode satu-langkah untuk menghitung taksiran nilai yang lebih baik. Nilai-nilai awal yang dibutuhkan pada Metode Adams-Bashforth-Moulton Orde Empat dapat diperoleh dari metode onestep, misalnya Metode Runge-Kutta [9]. Persamaan prediktor dari metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat adalah

Persamaan prediktor Adams-Bashforth orde 4 :

$$y_{n+1}^p = y_n + \frac{h}{24}(-9f_{n-3} + 37f_{n-2} - 59f_{n-1} + 55f_n)$$

Persamaan korektor Adams-Moulton orde 4 :

$$y_{n+1}^c = y_n + \frac{h}{24}(f_{n-2} - 5f_{n-1} + 19f_n + 9f_{n+1})$$

2. Metode Penelitian

Adapun sampel dari penelitian ini menggunakan data jumlah penduduk pada setiap kecamatan di Kota pada Tahun 2010-2024. Pada penelitian ini, variabel penelitian yang digunakan adalah semua data jumlah penduduk pada kecamatan yang ada di Kota Ambon yaitu Nusaniwe, Sirimau, Leitimur Selatan, Teluk Ambon, dan Teluk Ambon Baguala. Pada penelitian ini, teknik pengambilan data yang dilakukan adalah teknik pengambilan data yang diperoleh langsung dari instansi terkait atau data sekunder. Data yang diambil berasal dari website Badan Pusat Statistik Kota Ambon pada publikasi Ambon dalam angka yaitu www.AmbonKota.bps.go.id.

Adapun teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Menentukan data yang akan digunakan yaitu data jumlah penduduk, laju pertumbuhan dan Kapasitas Tampung Kota Ambon
2. Menentukan model Verhulst dari data yang diperoleh

$$\frac{dP}{dt} = rP \left(1 + \frac{P}{K} \right)$$

3. Menghitung empat solusi awal P_0, P_1, P_2, P_3 dengan menggunakan metode runge-kutta orde delapan
4. Menghitung $f_n, f_{n-1}, f_{n-2}, f_{n-3}$ dengan $n = 3, 4, \dots, n$
5. Menghitung solusi numerik dengan metode Adams-Bashforth yaitu persamaan prediktor.
6. Menghitung $f_{n+1} = f(t_{n+1}, y_{n+1})$ dan disubstitusikan pada metode Adams-Moulton yaitu persamaan korektor.
7. Koreksi Adams-Moulton diiterasikan pada n sampai memenuhi

$$\frac{|P_{n+1} - P_{n+1}^*|}{|P_{n+1}|} < \varepsilon$$

Untuk $n = 1, 2, 3, \dots$ dan ε adalah kriteria pemberhentian yang diharuskan

8. Jika semua memenuhi kriteria maka akan diperoleh hasil solusi numeriknya.

3. Hasil dan Pembahasan

Data penduduk Kota Ambon

Untuk melakukan proyeksi jumlah penduduk pada Kota Ambon perlu dilakukan analisis perhitungan terlebih dahulu terhadap data jumlah kendaraan pada tahun-tahun sebelumnya. Data yang disajikan berupa jumlah penduduk pada tahun 2010 sampai 2024 sesuai pada tabel 1 berikut :

Tabel 1 Data Jumlah Penduduk di Kota Ambon

No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2010	331254
2	2011	348407
3	2012	354464
4	2013	379615
5	2014	395423
6	2015	411617
7	2016	427934
8	2017	376152
9	2018	371650
10	2019	384132
11	2020	347288
12	2021	347644
13	2022	348225
14	2023	354052
15	2024	357289

Sumber : BPS Kota Ambon

Dari data yang disajikan bahwa jumlah penduduk Kota Ambon terjadi fluktuasi pada tahun 2017 sampai 2021, tidak terdapat informasi mengenai naik turunnya jumlah penduduk di Kota Ambon pada tahun tersebut. Akan tetapi hal ini dapat diabaikan dan tidak menjadi permasalahan dalam penelitian ini.

Laju pertumbuhan penduduk

Laju pertumbuhan (r) adalah rata-rata laju pertumbuhan penduduk setiap tahun [10]. Dengan memprediksi pertumbuhan penduduk di periode berikutnya, dapat diselesaikan dengan menggunakan solusi dari persamaan Verhulst sehingga diperoleh :

$$r = \bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^{14} r_i}{14}$$

dimana

$$r_i = \frac{1}{t} \left(\ln \left| \frac{P_n}{P_{n-1}} \right| + \ln \left| \frac{K - P_{n-1}}{K - P_n} \right| \right) \text{ untuk } n = 1, 2, 3, \dots, 14$$

Dengan asumsi daya tampung $K = 500.000$ jiwa, Maka diperoleh

Tabel 2 laju pertumbuhan penduduk Kota Ambon

Tahun	Laju pertumbuhan
2010-2011	0,157681212
2011-2012	0,029005636
2012-2013	0,08609311
2013-2014	0,045392449
2014-2015	0,041676245
2015-2016	0,040495492
2016-2017	-0,095778329
2017-2018	-0,005968333
2018-2019	0,01503811
2019-2020	-0,037693402
2020-2021	0,000305315
2021-2022	0,000457548
2022-2023	0,00428798
2023-2024	0,002252141
Rata-rata	0,02

Penentuan model Verhulst

Laju pertumbuhan dan kapasitas daya tampung Kota Ambon merupakan nilai-nilai yang diperoleh yang kemudian disubstitusikan kedalam model Verhulst maka didapatkan persamaan:

$$\frac{dP}{dt} = 0,02P \left(1 + \frac{P}{500000} \right)$$

Penentuan P_0, P_1, P_2, P_3 dengan menggunakan metode runge-kutta orde delapan

Setelah laju pertumbuhan, kapasitas daya tampung dan model Verhulst telah ditentukan. Maka Langkah berikutnya yaitu mencari nilai P_0, P_1, P_2, P_3 dengan menggunakan metod runge-kutta orde delapan, sehingga diketahui nilai awal $P(0) = 331254$ dan dengan interval $[0,21]$ dengan ukuran Langkah $h = 1$.

Tabel 3 Nilai awal menggunakan metode Runge-Kutta Orde Delapan

n	t	$h = 1$	
		P_n	$f(t, P) = 0,02P \left(1 + \frac{P}{500000}\right)$
0	1	331254	2235,91149936
1	2	333482,59395139	2221,22626029
2	3	335696,35403254	2206,24539622
3	4	337894,98957420	2190,97883231

Solusi numerik menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat

Solusi numerik yang merupakan proyeksi jumlah penduduk menggunakan Metode Adams Bashforth Moulton Orde Empat dicari setelah mendapatkan nilai awal. Nilai-nilai P_0, P_1, P_2, P_3 , yang diperoleh dari Metode Runge-Kutta Orde Delapan disubstitusikan ke persamaan Adams-Bashforth-Moulton. Untuk $n = 3$ dan $P_3 = 337894,98957420$, diperoleh:

$$P_{3+1}^* = P_3 + \frac{h}{24} (-9f_{3-3} + 37f_{3-2} - 59f_{3-1} + 55f_3)$$

$$P_4^* = P_3 + \frac{h}{24} (-9f_0 + 37f_1 - 59f_2 + 55f_3)$$

$$P_4^* = 331941,11990489 + \frac{1}{24} (-9(2235,91149936) + 37(2221,22626029) - 59(2206,24539622) + 55(2190,97883231))$$

$$P_4^* = 340078,21980488$$

selanjutnya akan dicari untuk f_4^* diperoleh

$$f_4^* = f(t_4, P_4^*) = 0,02(340078,21980488) \left(1 + \frac{340078,21980488}{500000}\right)$$

$$f_4^* = 2175,43657267$$

Dikarenakan telah diperolehnya nilai P_4^* dan f_4^* Langkah berikutnya akan dicari koreksi Adams-Moulton untuk $n = 3, t = 4$ dan $P_3 = 331941,11990489$

$$P_{3+1} = P_3 + \frac{h}{24} (f_{3-2} - 5f_{3-1} + 19f_3 + 9f_{3+1})$$

$$P_4 = 331941,11990489 + \frac{1}{24} (f_1 - 5f_2 + 19f_3 + 9f_4)$$

$$P_4 = 340078,21983449$$

Selanjutnya analisis kriteria khusus langkah awal dengan kriteria pemberhentian $\varepsilon = 8 \times 10^{-8}$ iterasi dapat diteruskan hingga mencapai iterasi ke-15 apabila ciri pemberhentiannya lebih besar daripada galat relatifnya.

$$\frac{|P_4 - P_4^*|}{|P_4|} = \frac{|340078,21983449 - 340078,21980488|}{|340078,21983449|} = 8,70843061 \times 10^{-11}$$

Karena pemberhentiannya sudah lebih besar dibandingkan galat relatifnya, maka iterasi ke 15 bisa lakukan.

Tabel 4 Solusi Model Verhulst dengan metode Adams-Bashforth-Moulton Orde Empat

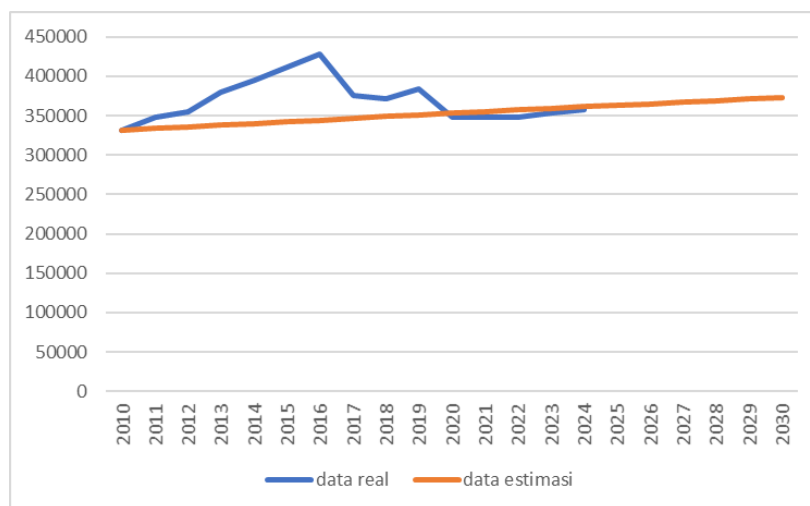
n	t_n	$h = 1$		Galat relatif
		P_n^*	P_n	
0	1		331254	
1	2		333482,59395139	
2	3		335696,35403254	
3	4		337894,98957420	
4	5	340078,21980488	340078,21983449	$8,70843061 \times 10^{-11}$
5	6	342245,77415567	342245,77417989	$7,07747567 \times 10^{-11}$
6	7	344397,39202042	344397,39204072	$5,89414494 \times 10^{-11}$
7	8	346532,82297649	346532,82299168	$4,38209260 \times 10^{-11}$
8	9	348651,82677528	348651,82678600	$3,07483092 \times 10^{-11}$
9	10	350754,17337193	350754,17337813	$1,76672047 \times 10^{-11}$
10	11	352839,64293252	352839,64293431	$0,50736266 \times 10^{-11}$
11	12	354908,02583411	354908,02583158	$0,71443408 \times 10^{-11}$
12	13	356959,12265212	356959,12264536	$1,89284617 \times 10^{-11}$
13	14	358992,74413680	358992,74412593	$3,02848096 \times 10^{-11}$
14	15	361008,71117893	361008,71116405	$4,12026126 \times 10^{-11}$
15	16	363006,85476489	363006,85474613	$5,16773249 \times 10^{-11}$
16	17	364987,01592162	364987,01589910	$6,17043887 \times 10^{-11}$
17	18	366949,04565171	366949,04562556	$7,12809745 \times 10^{-11}$
18	19	368892,80485889	368892,80482923	$8,04049826 \times 10^{-11}$
19	20	370818,16426446	370818,16423143	$8,90759626 \times 10^{-11}$
20	21	372725,00431485	372725,00427859	$9,72944418 \times 10^{-11}$

dapat dilihat pada tabel 4 bahwa diperoleh nilai galat relative yang sangat kecil melebihi kriteria pemberhentian sehingga dapat dikatakan bahwa hasil prediksi sangat akurat.

Tabel 5 Hasil prediksi jumlah penduduk Kota Ambon

n	t_n	P_n	Data Tahun
0	2010	331254	331254
1	2011	333482,59395139	348407
2	2012	335696,35403254	354464
3	2013	337894,98957420	379615
4	2014	340078,21983449	395423
5	2015	342245,77417989	411617
6	2016	344397,39204072	427934
7	2017	346532,82299168	376152
8	2018	348651,82678600	371650
9	2019	350754,17337813	384132
10	2020	352839,64293431	347288
11	2021	354908,02583158	347644
12	2022	356959,12264536	348225
13	2023	358992,74412593	354052
14	2024	361008,71116405	357289
15	2025	363006,85474613	
16	2026	364987,01589910	

17	2027	366949,04562556	
18	2028	368892,80482923	
19	2029	370818,16423143	
20	2030	372725,00427859	



Gambar 1 Perbandingan data estimasi dan data real jumlah penduduk di Kota Ambon

Solusi numerik dengan menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton dapat dilihat pada tabel 4, dimana pada $n = 4$ sampai $n = 20$ merupakan hasil korektor yang menyatakan solusi numerik dari model Verhulst berbentuk proyeksi jumlah penduduk di Kota Ambon. Sedangkan pada $n = 4$ sampai $n = 8$ adalah perbandingan jumlah penduduk dari model Verhulst menggunakan metode Adams-Bashforth-Moulton orde empat dengan data yang sebenarnya.

Sedangkan pada gambar 1, dapat dilihat bahwa grafik implementasi dari tabel 5 yang berisikan perbandingan data sebenarnya dengan hasil prediksi menggunakan metode Adams Bashforth Moulton orde Empat. Pada gambar terlihat bahwa data sebenarnya jumlah penduduk Kota Ambon terjadi fluktuasi tetapi pada 5 tahun terakhir ini terjadi kenaikan jumlah penduduk sehingga hasil prediksi yang diperoleh tidak terlalu jauh dari data sebenarnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari pembahasan yang diperoleh pada penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa metode Adams-Bashforth-Moulton pada model Verhulst dapat memprediksi jumlah penduduk di Kota Ambon. Dengan menggunakan data historis dari tahun 2010 hingga 2024 serta penentuan laju pertumbuhan penduduk dan daya tampung. Metode ini berhasil digunakan untuk memprediksi populasi masa depan di Kota Ambon. Hasil analisis menunjukkan bahwa Kota Ambon mengalami pertumbuhan penduduk yang signifikan, yang berpotensi menimbulkan masalah sosial seperti kebutuhan akan hunian, air bersih, energi, pendidikan, kesehatan, dan transportasi. Berdasarkan pada tujuan yang didapatkan, hasil pertumbuhan penduduk di Kota Ambon pada tahun 2030 berada pada angka 372.725 jiwa masih berada dibawah asumsi daya tampung penduduk di Kota Ambon

Daftar Pustaka

- [1] Latue, P. C., Septory, J. S. I., & Rakuasa, H. (2023). Perubahan Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2015, 2019 dan 2023. JPG (Jurnal Pendidikan Geografi), 10(1).

- [2] Yuberta, K. R. (2022). Developing Inquiry Based Module For Ordinary Differential Equation Course: Pengembangan Modul Berbasis Inkuiri Pada Mata Kuliah Persamaan Diferensial Biasa. *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 7(1), 131-141.
- [3] Nuraeni, Z. (2017). Aplikasi persamaan diferensial dalam estimasi jumlah populasi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 5(1), 9-16.
- [4] Latip, F., & Azis, D. (2017, November). Perbandingan Metode Adams Bashforth-Moulton dan Metode Milne-Simpson dalam Penyelesaian Persamaan Diferensial Euler Orde-8. In *Prosiding Seminar Nasional Metode Kuantitatif* (No. 1).
- [5] Suryani, I., Suprianto, A., & Wartono, W. (2023). Solusi Numerik Model Verhulst Pada Estimasi Pertumbuhan Produksi Padi Menggunakan Metode Milne-Simpson dan Metode Adams-Bashforth-Moulton. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 9(1), 27-36.
- [6] Iswanto, R. J. (2012). *Pemodelan Matematika (Aplikasi dan Terapan)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [7] Munir, R. (2003). *Metode Numerik*. Bandung: Informatika.
- [8] Anggraeni, D., Dafik, D., & Setiawani, S. (2013). THE EFFECTIVENESS OF RUNGE-KUTTA METHOD OF ORDER NINE TO SOLVE THE IMMUNITY MODEL FOR INFECTION OF MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS. *Kadikma*, 4(2).
- [9] Apriadi, B. P., & Noviani, E. (2014). Metode Adams-Bashforth-Moulton dalam Penyelesaian Persamaan Diferensial Non Linear. *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 3(02).
- [10] Nasution, F. B., Pohan, D. C. H. B., Dita, R. P., & Marpaung, R. A. (2025). Penerapan Metode Adams Bashforth Moulton melalui Persamaan Logistik dalam Memprediksi Jumlah Penduduk di Kota Medan. *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumian dan Angkasa*, 3(1), 79-91.